

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-208869

(P2000-208869A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl.

H01S 5/14

識別記号

F I

H01S 3/18

テーマコード(参考)

646

5F073

審査請求 有 請求項の数10 O L (全9頁)

(21) 出願番号

特願平11-3018

(22) 出願日

平成11年1月8日 (1999.1.8)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 塩崎 孝

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 加藤 隆志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

Fターム(参考) 5F073 AA63 AA83 AB28 CA12 EA14

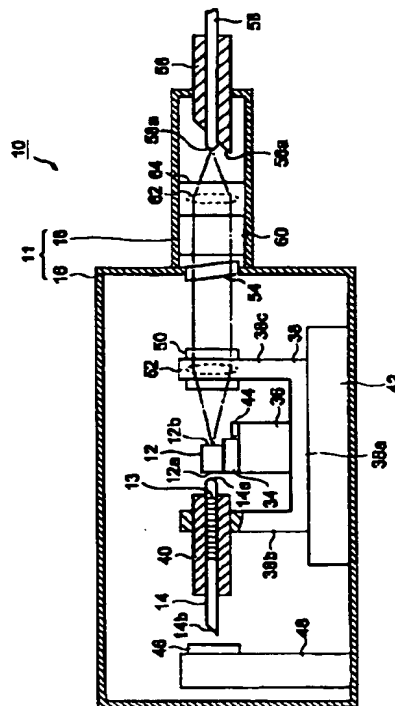
EA15 FA02 FA25 GA12 GA23

(54) 【発明の名称】 発光素子モジュール

(57) 【要約】

【課題】 高周波特性に優れた発光素子モジュールを提供する。

【解決手段】 発光素子モジュール10は、ハウジング11の内部に、半導体発光素子12と回折格子内蔵ファイバ14とを内包して構成されている。回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aから後退した位置の内部には、複数の回折格子13が形成されており、当該回折格子13の反射率は70%となっている。回折格子内蔵ファイバ14は、先端部14aが半導体発光素子12のファイバ側端面12aに対向するように配置されており、半導体発光素子12のファイバ側端面12aと回折格子13との間隔Dは1.3mm以下となっている。かかる構成から、半導体発光素子12の出射側端面12aと回折格子内蔵ファイバ14の回折格子13との間で光共振が発生し、当該出射側端面12aからレーザ光が出射される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された導波路と該導波路の端部それぞれを含む第 1、第 2 の端面とを有する発光素子と、
回折格子が内蔵され、一方の端部を前記発光素子の前記第 1 の端面に対向させて配置された第 1 の光ファイバとを備え、
前記回折格子の反射率は 60% 以上であり、
前記発光素子の前記第 1 の端面と前記回折格子との間隔は 1.3 mm 以下であり、
前記発光素子の前記導波路を介して前記第 2 の端面と前記回折格子との間で光共振を発生させ、該第 2 の端面からレーザ光を出射することを特徴とする発光素子モジュール。

【請求項 2】 前記第 1 の光ファイバと前記発光素子とは、同一の基台に固定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子モジュール。

【請求項 3】 前記第 1 の光ファイバと前記発光素子とを冷却するための冷却手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発光素子モジュール。

【請求項 4】 前記第 2 の端面に誘電体多層膜が形成され、
該第 2 の端面の反射率が 30% 以下であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の発光素子モジュール。

【請求項 5】 前記第 1 の光ファイバの前記一方の端部は、球面状に加工されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の発光素子モジュール。

【請求項 6】 前記第 1 の光ファイバの他方の端部は、光軸に対して斜めにカットされていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発光素子モジュール。

【請求項 7】 前記第 1 の光ファイバの他方の端部に対向させて配置された受光素子をさらに備えたことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の発光素子モジュール。

【請求項 8】 一方の端部を前記発光素子の前記第 2 の端面に対向させて配置されるとともに、前記第 2 の端面から出射するレーザ光を導光する第 2 の光ファイバをさらに備えたことを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の発光素子モジュール。

【請求項 9】 前記第 2 の光ファイバの前記一方の端部は、球面状に加工されていることを特徴とする請求項 8 に記載の発光素子モジュール。

【請求項 10】 前記発光素子の前記第 2 の端面と前記第 2 の光ファイバの前記一方の端部との間に、
該第 2 の端面から該一方の端部に向かう方向に進行する光を選択的に透過させる光アイソレータをさらに備えたことを特徴とする発光素子モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、回折格子を内蔵した光ファイバと発光素子とを備えて構成される発光素子モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 内部に回折格子を有する光ファイバの端部を発光素子の一方の端面に対向させて配置した発光素子モジュールは、簡単な構造でありながら比較的安定したスペクトルを有するため、広く使用されている。

【0003】 かかる発光素子モジュールにおいては、上記発光素子の他方の端面と上記光ファイバ内の回折格子とがブラッグ反射器型共振器を構成するため、上記回折格子の格子間距離によって決定される特定の波長の光が発振し、この光が発光素子モジュールの出力光として出力される。

【0004】 特に、例えば J. J. Pan, X. L. Jing, Y. Shi: "Fiber grating stabilized laser source for dense WDM systems", OFC '97 Tech. Dig., p213 に開示されているような、上記他方の端面側からレーザ光を出射させる発光素子モジュールは、回折格子の反射率を比較的大きくすることができるため、大きな光出力を得ることが可能となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記発光素子モジュールは、以下のような問題点があった。すなわち、上記発光素子モジュールは、発光素子の上記一方の端面と回折格子との間隔とが大きいため（2つのコリメータレンズを介在させているため）、発光素子の上記他方の端面と回折格子との間隔、すなわち、共振器長が大きくなる。そのため、上記発光素子モジュールを用いて高速変調を行う場合は、レーザ光の発生がレーザ媒質内に生じるキャリアの増減に追従できず、レーザ出力に激しいオーバーシュート、アンダーシュートを生じるチャープ現象が発生し、高周波特性が悪化する。

【0006】 そこで、本発明は、上記問題点を解決し、チャープ現象が少なく、高周波特性に優れる発光素子モジュールを提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明の発光素子モジュールは、基板上に形成された導波路と当該導波路の端部それぞれを含む第 1、第 2 の端面とを有する発光素子と、回折格子が内蔵され、一方の端部を上記発光素子の第 1 の端面に対向させて配置された第 1 の光ファイバとを備え、回折格子の反射率は 60% 以上であり、発光素子の第 1 の端面と回折格子との間隔は 1.3 mm 以下であり、発光素子の導波路を介して第 2 の端面と回折格子との間で光共振を発生させ、当該第 2 の端面からレーザ光を出射することを特徴としている。

【0008】 第 2 の端面と回折格子との間で光共振を発

生させて当該第2の端面からレーザ光を出射させる構成をとることで、回折格子の反射率を高めることが可能となる。また、回折格子の反射率を60%以上とすることで、回折格子に入射した光のうち発光素子に再入射させる光の割合を高めることができる。さらに、発光素子の第1の端面と回折格子との間隔を13mm以下とすることで、高速変調を行う場合であっても、レーザ光の発生をキャリアの増減に追従させることができる。特に、上記13mmという値は、1.25GHz帯の信号を出力させる場合において、必要かつ十分な値となっている。

【0009】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバと発光素子とは、同一の基台に固定されていることを特徴としてもよい。

【0010】第1の光ファイバと発光素子とを同一の基台に固定することで、第1の光ファイバと発光素子との位置決めが容易となる。

【0011】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバと発光素子とを冷却するための冷却手段をさらに備えたことを特徴としてもよい。

【0012】上記冷却手段を備えることで、第1の光ファイバと発光素子の温度を制御することが可能となる。

【0013】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第2の端面に誘電体多層膜が形成され、当該第2の端面の反射率が30%以下であることを特徴としてもよい。

【0014】当該第2の端面の反射率を30%以下とすることで、第2の端面から出射するレーザ光の割合を高めることが可能となる。

【0015】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバの一方の端部は、球面状に加工されていることを特徴としてもよい。

【0016】第1の光ファイバの一方の端部を球面状に加工することで、発光素子の第1の端面から出射した光を集光して第1の光ファイバ内に導入できるとともに、第1の光ファイバの一方の端部から出射する光を集光して発光素子の第1の端面に入射させることができる。

【0017】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバの他方の端部は、光軸に対して斜めにカットされていることを特徴としてもよい。

【0018】第1の光ファイバの他方の端部を光軸に対して斜めにカットすることで、当該他方の端部における不要な反射光は、第1の光ファイバ内で全反射条件を満たさず、消滅する。

【0019】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバの他方の端部に対向させて配置された受光素子をさらに備えたことを特徴としてもよい。

【0020】上記受光素子を備えることで、発光素子モジュールの出力光量を検出することができる。従って、当該受光素子によって検出した光量に基づいて、出力光

量を制御することが可能となる。

【0021】また、本発明の発光素子モジュールは、一方の端部を発光素子の第2の端面に対向させて配置されるとともに、第2の端面から出射するレーザ光を導光する第2の光ファイバをさらに備えたことを特徴としてもよい。

【0022】上記第2の光ファイバを備えることで、第2の端面から出射したレーザ光を効率よく他の光学部材等に伝搬させることが可能となる。

【0023】本発明の発光素子モジュールにおいては、第2の光ファイバの一方の端部は、球面状に加工されていることを特徴としてもよい。

【0024】第2の光ファイバの一方の端部を球面状に加工することで、発光素子の第2の端面から出射した光を集光して第2の光ファイバ内に導入できる。

【0025】本発明の発光素子モジュールにおいては、発光素子の第2の端面と第2の光ファイバの一方の端部との間に、第2の端面から一方の端部に向かう方向に進行する光を選択的に透過させる光アイソレータをさらに備えたことを特徴としてもよい。

【0026】上記光アイソレータを備えることで、第2の光ファイバの一方の端部において反射された反射光や、第2の光ファイバを発光素子の方向へ伝搬する光が発光素子の第2の端面に入射することが無くなる。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態に係る発光素子モジュールについて、図面を参照して説明する。まず、本実施形態に係る発光素子モジュールの構成について説明する。図1は、本実施形態に係る発光素子モジュールの断面図である。

【0028】本実施形態に係る発光素子モジュール10は、ハウジング11の内部に、半導体発光素子12（発光素子）と回折格子13が内蔵された光ファイバ（第1の光ファイバ。以下、回折格子内蔵ファイバ14という）とを内包して構成されている。

【0029】ハウジング11はコパールによって形成されており、直方体形状の本体部16と、円筒形状の筒状部18とを接続することによって構成されている。ハウジング11の内部には、内包される半導体発光素子12その他の部品の劣化を防止すべく、不活性ガス（例えば窒素ガス）が封入されている。また、ハウジング11の本体部16の両側部には、半導体発光素子12への駆動電流の供給、後述のフォトダイオードの受光信号の取り出し、などに用いられる外部リード（図示せず）が複数本設けられている。

【0030】半導体発光素子12は、一部拡大断面図である図2に示すように、InPからなる基板20上に、InPからなる下部クラッド層22、InGaAsPからなる活性層24、及び、InPからなる上部クラッド層26を順次積層して構成される。半導体発光素子12

は、活性層 24 に駆動電流を供給して反転分布を形成することで誘導放出光を発生させ、活性層 24 は、かかる誘導放出光の導波路として作用する。活性層 24 の端面それぞれを含む両端面のうち一方の端面（第 1 の端面。以下、ファイバ側端面 12a という）には、当該ファイバ側端面 12a の反射率を 0.1% 程度とする誘電体多層膜からなる低反射膜 28 が形成され、他方の端面（第 2 の端面。以下、出射側端面 12b という）には、当該出射側端面 12b の反射率を 30% 程度とする誘電体多層膜からなる低反射膜 30 が形成されている。

【0031】半導体発光素子 14 は、図 1 に示すように、銅製のヒートシンク 34 上に載置、固定されており、当該ヒートシンク 34 は台座であるチップキャリア 36 上に載置、固定されている。また、チップキャリア 36 は、平板部 38a と 2 つの起立部 38b、38c とから成る基台 38 の平板部 38a 上に固定されている。

【0032】回折格子内蔵ファイバ 14 は、図 2 に示すように、短尺に切断された光ファイバであって、一方の端部（以下、先端部 14a という）が球面状に研磨されるとともに、他方の端部（以下、後端部 14b という）は光軸に対して斜めにカットされている。また、先端部 14a 及び後端部 14b には、当該先端部 14a あるいは後端部 14b の反射率を 0.1% 程度とする誘電体多層膜からなる低反射膜（図示せず）が形成されている。

【0033】回折格子内蔵ファイバ 14 の先端部 14a から後退した位置の内部（特にコアの部分）には、所定間隔を保って複数の回折格子 13 が形成されており、一種の反射鏡として作用する。ここで、回折格子 13 によって所定波長 λ の光を選択的に反射させたい場合は、回折格子内蔵ファイバ 14 のコアの屈折率を n として、式（1）を満たすように回折格子 13 の間隔 d を決定すればよい。

【0034】

$$2nd = m\lambda \quad (m \text{ は任意の整数}) \quad (1)$$

また、上記所定波長の下での回折格子 13 の反射率は 70% となっている。回折格子 13 の反射率は、例えばグレーティング層数、屈折率差を変化させることで容易に調節することができる。

【0035】回折格子内蔵ファイバ 14 は、図 1 に示すように、フェルール 40 に挿入されており、当該フェルール 40 は基台 38 の一方の起立部 38b に設けられた挿入孔（図示せず）に挿入されて固定される。この際、回折格子内蔵ファイバ 14 の先端部 14a が半導体発光素子 12 のファイバ側端面 12a に対向するように、より詳細には、ファイバ側端面 12a のうち活性層 24 の端面に相当する部分に対向するように、回折格子内蔵ファイバ 14 と半導体発光素子 12 との位置決めがなされている。また、半導体発光素子 12 のファイバ側端面 12a と回折格子 13 との間隔 D （図 2 参照）は 1.3 mm 以下となっている。

【0036】かかる構成をとることで、発光素子モジュール 10 は、半導体発光素子 12 の活性層 24 を介して、半導体発光素子 12 の出射側端面 12b と回折格子内蔵ファイバ 14 の回折格子 13 との間で光共振を発生させ、当該出射側端面 12b からレーザ光を出射する。

【0037】基台 38 の下方にはペルチェ素子 42（冷却手段）が設けられており、基台 38 等を介して半導体発光素子 12 及び回折格子内蔵ファイバ 14 を冷却できるようになっている。また、チップキャリア 36 上には、温度を検出するサーミスタ 44 が載置されており、当該サーミスタ 44 の出力に基づいてペルチェ素子 42 による温度制御がなされている。

【0038】回折格子内蔵ファイバ 14 の後端部 14b に対向する位置には、回折格子内蔵ファイバ 14 の回折格子 13 を透過した光の強度を検出するフォトダイオード 46（受光素子）が、支持部材 48 に固定されて設けられている。フォトダイオード 46 によって検出された光の強度を半導体発光素子 12 の駆動電流にフィードバックすることで、発光素子モジュール 10 から発する光の強度を一定にすることが可能となる。

【0039】基台 38 に設けられた起立部 38c のうち、半導体発光素子 12 の出射側端面 12b に対向する位置には開孔（図示せず）が設けられており、かかる開孔にはレンズホルダ 50 に収容されたレンズ 52 が挿入されている。

【0040】ハウジング 11 を構成する本体部 16 の壁面であって、半導体発光素子 12 とレンズ 52 とを結ぶ光軸上には、透光性材料からなる気密封止窓 54 が形成されている。

【0041】ハウジング 11 を構成する筒状部 18 は、気密封止窓 54 から上記光軸方向に延びて配置されている。筒状部 18 の他端（気密封止窓 54 と対向する側）には、フェルール 56 に挿入された光ファイバ（第 2 の光ファイバ。以下、導光用ファイバ 58 という）が設けられている。導光用ファイバ 58 は、その先端部 58a が半導体発光素子 12 の出射側端面 12b に対向するように配置されており、半導体発光素子 12 の出射側端面 12b から出射するレーザ光を他の光学素子等に導光することができるようになっている。ここで特に、導光用ファイバ 58 の先端部 58a は球面状に加工されており、当該先端部 58a の反射率を 0.1% 程度とする誘電体多層膜からなる低反射膜（図示せず）が形成されている。また、フェルール 56 の端面のうち半導体発光素子 12 に対向する側の端面 56a は、半導体発光素子 12 に対する不要な反射戻り光を除去すべく、光軸に対して斜めに形成されている。

【0042】気密封止窓 54 と導光用ファイバ 58 の先端部 58a との間には、半導体発光素子 12 の出射側端面 12b から導光用ファイバ 58 の先端部 58a に向かう方向に進行する光を選択的に透過させる光アイソレー

タ 60 が配置されている。また、光アイソレータ 60 の後段には、光アイソレータ 60 を通過した光を導光用ファイバ 58 の先端部 58a に集光させるレンズ 62 が、レンズホルダ 64 に収容されて配置されている。

【0043】続いて、本実施形態に係る発光素子モジュールの作用及び効果について説明する。図 3 は、回折格子を内蔵する光ファイバと半導体発光素子とを備える発光素子モジュールにおいて、回折格子の反射率と 1.25 GHz 帯 (2.5 GHz NRZ 変調に相当) での FM レスポンスとの関係を示している。ここで、FM レスポンスとは、変調電流の印加による発光スペクトル幅の広がり (MHz) を当該変調電流 (mA) で除した値をいい、FM レスポンスが小さいほどチャージング現象の影響も小さくなる。尚、図 3 に示す値は、半導体発光素子のファイバ側端面の反射率を 0.1%、回折格子内蔵ファイバと半導体発光素子との間の光結合効率を -4 dB とした場合の結果である。図 3 からわかるように、回折格子の反射率が小さい場合は FM レスポンスが大きくなり、チャージング現象の影響が大きくなる一方で、回折格子の反射率を大きくした場合は FM レスポンスが小さくなり、チャージング現象の影響を小さくすることが可能となる。

【0044】図 4 は、本実施形態に係る発光素子モジュール 10 の如く半導体発光素子と回折格子との間で光共振を発生させて半導体発光素子の端面からレーザ光を出射する発光素子モジュール (図 4 中の A) と、回折格子を透過させてレーザ光を出射する発光素子モジュール (図 4 中の B) とについて、回折格子の屈折率とレーザ光の出力との関係を示す図である。尚、図 4 に示す値は、以下の条件により計算した値である。すなわち、半導体発光素子の端面からレーザ光を出射する発光素子モジュールについては、半導体発光素子のファイバ側端面の反射率を 0%、出射側端面の反射率を 30%、回折格子内蔵ファイバと半導体発光素子との光結合効率を -4 dB、さらに導光用ファイバと半導体発光素子との光結合効率を -3 dB としている。また、回折格子を透過させてレーザ光を出射する発光素子モジュールにおいては、半導体発光素子の反射端面の反射率を 90%、ファイバ側端面の反射率を 0%、回折格子内蔵ファイバと半導体発光素子との間の光結合効率を -4 dB としている。図 4 からわかるように、半導体発光素子の端面からレーザ光を出射する発光素子モジュールは、回折格子の屈折率が大きくなるほどレーザ光の出力は大きくなる一方で、回折格子を透過させてレーザ光を出射する発光素子モジュールは、反射率 10% 程度をピークに、回折格子の反射率が大きくなるほどレーザ光の出力が小さくなる。特に、回折格子の反射率が 60% 程度を境に、半導体発光素子の端面からレーザ光を出射する発光素子モジュールのレーザ光の出力が、回折格子を透過させてレーザ光を出射する発光素子モジュールのレーザ光の出力よ

りも大きくなる。

【0045】ここで、本実施形態に係る発光素子モジュール 10 は、半導体発光素子 12 の出射側端面 12b と回折格子内蔵ファイバ 14 の回折格子 13 との間で光共振を発生させ、当該出射側端面 12b からレーザ光を出射する構成としたことで、回折格子 13 の反射率を高めることが可能となる。その結果、FM レスポンスを小さくすることができ、チャージング現象を低減し、高周波特性を改善することができる。

【0046】また、本発明の発光素子モジュール 10 は、回折格子 13 の反射率を 60% 以上とすることで、回折格子 13 に入射した光のうち発光素子に再入射させる光の割合を高めることができる。従って、レーザ光の出力を大きい状態に維持することが可能となる。

【0047】図 5 は、半導体発光素子と回折格子との間で光共振を発生させて半導体発光素子の端面からレーザ光を出射する発光素子モジュールにおいて、半導体発光素子のファイバ側端面と回折格子とのあいだの距離と、正弦波で時間変化する電流を発光素子モジュールに注入した際の出力光強度の最大値と最小値の差で表される信号強度が低周波時と比較して 3 dB 低下する周波数帯域 (以下、臨界周波数という) との関係を示すグラフである。尚、図 5 に示す値は、回折格子の反射率を 70%、回折格子内蔵ファイバと半導体発光素子との間の光結合効率を -4 dB とした場合の結果である。図 5 からわかるように、半導体発光素子のファイバ側端面と回折格子とのあいだの距離が大きくなるに従い、臨界周波数が小さくなる。すなわち、半導体発光素子のファイバ側端面と回折格子とのあいだの距離が大きくなるに従い、比較的低周波のレーザ光であっても、信号強度が小さくなってしまふ。

【0048】ここで、本実施形態に係る発光素子モジュール 10 は、半導体発光素子 12 のファイバ側端面 12a と回折格子 13 との間隔を 13 mm 以下とすることで、高速変調を行う場合であっても、レーザ光の発生をキャリアの増減に追従させることができ、大きなレーザ出力を得ることが可能となる。特に、上記 13 mm という値は、1.25 GHz 帯 (2.5 GHz NRZ 変調に相当) の信号を出力させる場合において、必要かつ十分な値となっている (図 5 参照)。

【0049】図 6 は、半導体発光素子と回折格子との間で光共振を発生させて半導体発光素子の端面からレーザ光を出射する発光素子モジュールにおいて、回折格子の反射率を 70%、出射側端面の反射率を R_f 、回折格子内蔵ファイバと半導体発光素子との光結合効率を -4 dB、さらに導光用ファイバと半導体発光素子との光結合効率を -3 dB とした場合の、 R_f とレーザ光の出力との関係を示す。図 6 からわかるように、 $R_f = 10\%$ 程度をピークに、 R_f が大きくなるほどレーザ光の出力が小さくなる。

【0050】通常、劈開によって形成された端面は30%程度の反射率を有するが、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、半導体発光素子12の出射側端面12bに低反射膜30を設けて反射率が30%以下となるようにしている。従って、当該出射側端面12bから出射するレーザ光の割合を高め、大きなレーザ光出力を得ることが可能となる。

【0051】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、回折格子内蔵ファイバ14と半導体発光素子12とが同一の基台38に固定されているため、回折格子内蔵ファイバ14と半導体発光素子12との位置決めが容易となるとともに、回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aを半導体発光素子12のファイバ側端面12aに容易に近接させることができる。

【0052】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、回折格子内蔵ファイバ14と半導体発光素子12とを冷却するペルチェ素子42備えていることで、回折格子内蔵ファイバ14と半導体発光素子12の温度を制御することが可能となる。その結果、安定したレーザ発振が可能となる。

【0053】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aが球面状に加工されていることで、半導体発光素子12のファイバ側端面12aから出射した光を集光して回折格子内蔵ファイバ14内に導入できるとともに、回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aから出射する光を集光して半導体発光素子12のファイバ側端面12aに入射させることができる。

【0054】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、回折格子内蔵ファイバ14の後端部14bが、光軸に対して斜めにカットされていることで、当該後端部14bにおける不要な反射光は回折格子内蔵ファイバ14内で全反射条件を満たさず、消滅する。その結果、上記不要な反射光がノイズとなることはない。

【0055】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、回折格子内蔵ファイバ14の後端部14bに対向させて配置されたフォトダイオード46を備えることで、発光素子モジュール10の出力光量を検出することができる。従って、フォトダイオード46によって検出した光量に基づいて、出力光量を制御することが可能となる。

【0056】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、導光用ファイバ58を備えることで、半導体発光素子12の出射側端面12bから出射したレーザ光を効率よく他の光学部材等に伝搬させることが可能となる。

【0057】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、導光用ファイバ58の先端部58aが球面状に加工されていることで、半導体発光素子12の出射側端面12bから出射した光を集光して導光用ファイバ5

8内に導入できる。

【0058】また、本実施形態に係る発光素子モジュール10は、光アイソレータ60を備えることで、導光用ファイバ58の先端部58aにおいて反射された反射光や導光用ファイバ58を半導体発光素子12の方向へ伝搬する光が半導体発光素子12の出射側端面12aに入射することが無くなる。

【0059】上記実施形態に係る半導体発光素子モジュール10においては、回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aが球面状に研磨されていたが、これは、図7に示すように、回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aを光軸に対して斜めにカットするとともに、当該先端部14aと半導体発光素子12のファイバ側端面12aとの間にレンズ66を配置しても良い。回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aを光軸に対して斜めにカットすることで、当該先端部14aで反射する不要な反射光が半導体発光素子12あるいは回折格子13に入射することが防止される。さらに、レンズ66を備えることで、半導体発光素子12のファイバ側端面12aから出射した光を集光して回折格子内蔵ファイバ14内に導入できるとともに、回折格子内蔵ファイバ14の先端部14aから出射する光を集光して半導体発光素子12のファイバ側端面12aに入射させることができる。

【0060】また、上記実施形態に係る発光素子モジュール10においては、半導体発光素子12と導光用ファイバ58との間に2つのレンズ52、62及び光アイソレータ60を設けていたが、これは、図8に示すように、レンズや光アイソレータを介在させずに、導光用ファイバ58の先端部58aを半導体発光素子12の出射側端面12aに近接させて配置しても良い。

【0061】さらに、図9に示すように、半導体発光素子12と導光用ファイバ58との間に1つのレンズ68及び光アイソレータ60を設けるような構成となっても良い。また、導光用ファイバ58の先端部58aを光軸に対して斜めにカットしても良い。

【0062】

【発明の効果】本発明の発光素子モジュールは、発光素子の第1の端面と第1の光ファイバの回折格子との間で光共振を発生させ、第2の端面からレーザ光を出射する構成としたことで、回折格子の反射率を高めることが可能となる。その結果、FMレスポンスを小さくすることができ、チャーピング現象を低減し、高周波特性を改善することができる。

【0063】また、本発明の発光素子モジュールは、回折格子の反射率を60%以上とすることで、回折格子に入射した光のうち発光素子に再入射させる光の割合を高めることができる。従って、レーザ光の出力を大きい状態に維持することが可能となる。

【0064】さらに、本発明の発光素子モジュールは、発光素子の第1の端面と回折格子との間隔を1.3mm以

下とすることで、高速変調を行う場合であっても、レーザ光の発生をキャリアの増減に追従させることができ、大きなレーザ出力を得ることが可能となる。特に、上記 13mm という値は、1.25GHz 帯 (2.5GHz NRZ 変調に相当) の信号を出力させる場合において、必要かつ十分な値となっている。

【0065】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバと発光素子とが同一の基台に固定されているため、第1の光ファイバと発光素子との位置決めが容易となる。

【0066】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバと発光素子とを冷却する冷却手段を備えていることで、第1の光ファイバと発光素子の温度を制御することが可能となる。その結果、安定したレーザ発振が可能となる。

【0067】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、発光素子の第2の端面に低反射膜を設けて反射率が30%以下となるようにしている。従って、第2の端面から出射するレーザ光の割合を高め、大きなレーザ出力を得ることが可能となる。

【0068】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバの一方の端部が球面状に加工されていることで、発光素子の第1の端面から出射した光を集光して第1の光ファイバ内に導入できるとともに、第1の光ファイバの一方の端部から出射する光を集光して発光素子の第1の端面に入射させることができる。

【0069】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバの他方の端部が、光軸に対して斜めにカットされていることで、当該他方の端部における不要な反射光は第1の光ファイバ内で全反射条件を満たさず、消滅する。その結果、上記不要な反射光がノイズとなることはない。

【0070】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第1の光ファイバの上記他方の端部に対向させて配置された受光素子を備えることで、発光素子モジュールの出力光量を検出することができる。従って、受光素子によって検出した光量に基づいて、出力光量を制御することが可能となる。

【0071】また、本発明の発光素子モジュールにおい

ては、上記第2の光ファイバを備えることで、発光素子の第2の端面から出射したレーザ光を効率よく他の光学部材等に伝搬させることが可能となる。

【0072】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、第2の光ファイバの上記一方の端部が球面状に加工されていることで、発光素子の第2の端面から出射した光を集光して第2の光ファイバ内に導入できる。

【0073】また、本発明の発光素子モジュールにおいては、光アイソレータを備えることで、第2の光ファイバの一方の端部において反射された反射光や第2の光ファイバを発光素子の方向へ伝搬する光が発光素子の第2の端面に入射することが無くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発光素子モジュールの断面図である。

【図2】発光素子モジュールの一部拡大断面図である。

【図3】回折格子の反射率とFMレスポンスとの関係を示すグラフである。

【図4】回折格子の反射率とレーザ光の出力との関係を表すグラフである。

【図5】半導体発光素子と回折格子との距離と周波数帯域との関係を表すグラフである。

【図6】半導体発光素子の端面の反射率とレーザ光の出力との関係を表すグラフである。

【図7】発光素子モジュールの一部拡大断面図である。

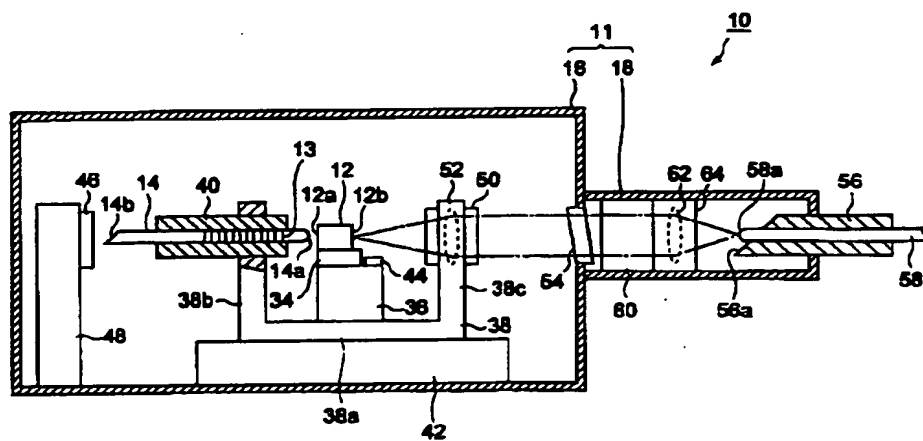
【図8】発光素子モジュールの一部拡大断面図である。

【図9】発光素子モジュールの一部拡大断面図である。

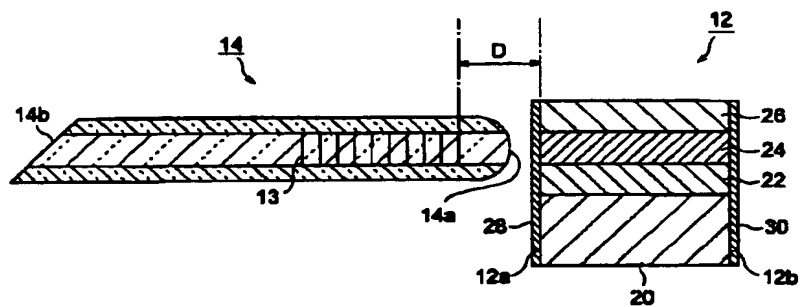
【符号の説明】

10…発光素子モジュール、11…ハウジング、12…半導体発光素子、13…回折格子、14…回折格子内蔵ファイバ、16…本体部、18…筒状部、20…基板、22…下部クラッド層、24…活性層、26…上部クラッド層、28、30…低反射膜、34…ヒートシンク、36…チップキャリア、38…基台、40、56…フェルール、42…ペルチェ素子、44…サーミスタ、46…フォトダイオード、48…支持部材、50、64…レンズホルダ、52、62、66、68…レンズ、54…気密封止窓、58…導光用ファイバ、60…光アイソレータ

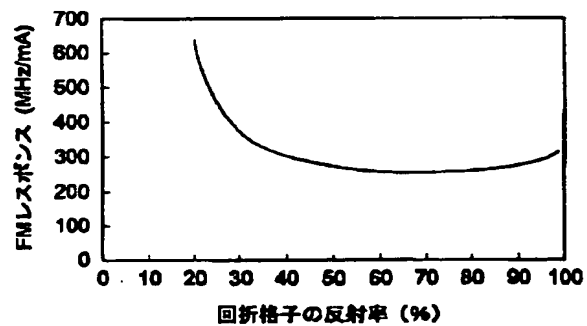
【図1】



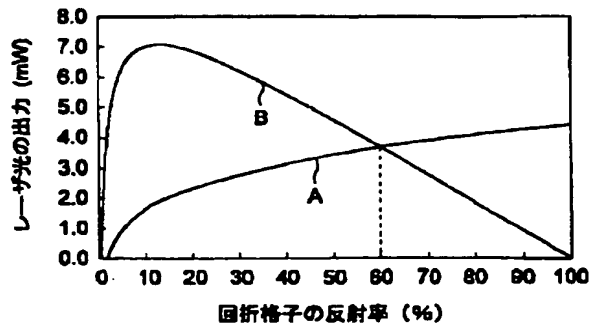
【図2】



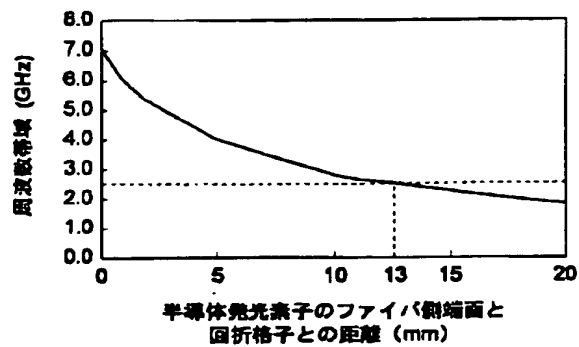
【図3】



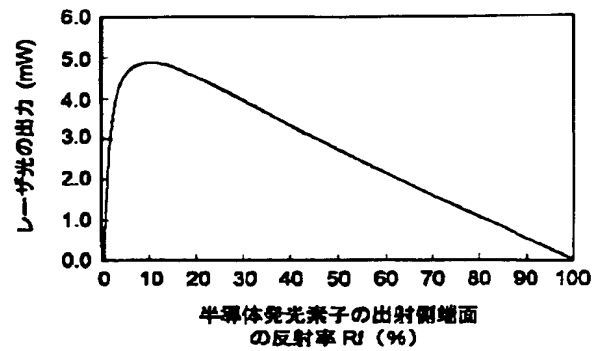
【図4】



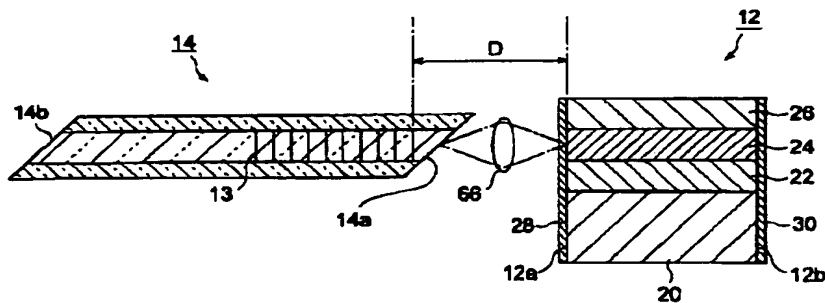
【図5】



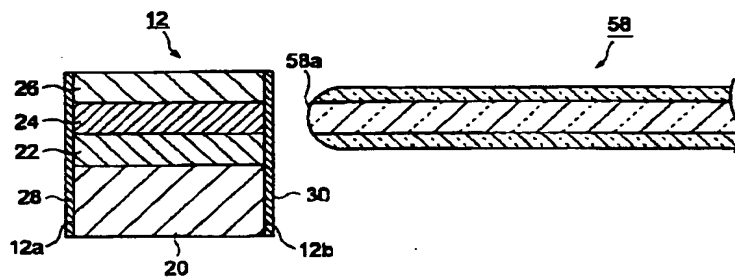
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

